



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-161648

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 1 0 F 1/02

G 1 0 F 1/02

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

A

G 1 0 G 3/00

G 1 0 G 3/00

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平8-324380

(22) 出願日

平成8年(1996)12月4日

(71) 出願人 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番1号

(72) 発明者 兼子 保敏

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72) 発明者 河村 潔

静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

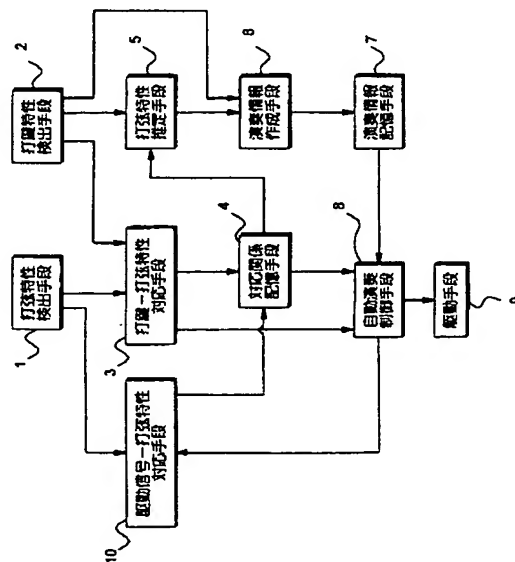
(74) 代理人 弁理士 川▲崎▼ 研二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 打鍵-打弦特性対応装置、駆動信号-打弦特性対応装置、および鍵盤楽器

(57) 【要約】

【課題】 鍵盤楽器において演奏情報を使用して元の演奏を忠実に再現する。

【解決手段】 事前に、打鍵-打弦特性対応手段3が、各打鍵特性検出手段2で検出された打鍵タイミングおよび打鍵速度と、各弦に共通して設けられた打弦特性検出手段1で検出された打弦タイミングおよび打弦速度とを対応付けて第1の関係情報を作成し、駆動信号-打弦特性対応手段10が駆動信号の電力値および出力タイミングと上記打弦タイミングおよび打弦速度とを対応付けて第2の関係情報を作成する。演奏記録時には、打弦特性推定手段5が各打鍵特性検出手段2の検出結果と上記第1の関係情報とに基づいて打弦タイミングおよび打弦速度を推測し、この推測に基づいて演奏情報作成手段6が演奏情報を作成する。自動演奏時には、自動演奏制御手段8が演奏情報と上記第2の関係情報とに基づいて駆動手段9へ供給する駆動信号の電力値および出力タイミングを求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の弦を有する鍵盤楽器の打鍵特性と打弦特性との対応関係を求める打鍵-打弦特性対応装置であって、

各鍵に設けられ、対応する鍵の打鍵特性を互いに独立して検出する打鍵特性検出手段と、

複数の弦に共通して設けられ、同時にいずれか一つの打弦の特性を検出する打弦特性検出手段と、

前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記打弦特性検出手段の検出結果とを対応付けて第 1 の関係情報を生成し、該第 1 の関係情報を出力する打鍵-打弦特性対応手段とを具備することを特徴とする打鍵-打弦特性対応装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の打鍵-打弦特性対応装置を備え、

前記打鍵-打弦特性対応装置から出力された前記第 1 の関係情報を記憶する対応関係記憶手段と、

前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記第 1 の関係情報とに基づいて打弦特性を推定する打弦特性推定手段と、

前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記打弦特性推定手段で推定された打弦特性とに基づいて演奏情報を作成し出力する演奏情報作成手段とを具備することを特徴とする鍵盤楽器。

【請求項 3】 入力信号の値に応じた速度で各鍵を独立して駆動する駆動手段と、

各鍵を順次駆動するための関係測定用演奏情報にしたがった駆動信号を前記駆動手段に供給して自動演奏を行う自動演奏制御手段とを具備することを特徴とする請求項 2 記載の鍵盤楽器。

【請求項 4】 複数の弦を有し一連の命令群からなる演奏情報に応じた駆動信号を各鍵の駆動手段に供給して自動演奏を行う鍵盤楽器において駆動信号と打弦特性との対応関係を求める駆動信号-打弦特性対応装置であって、

前記演奏情報中の発音に関する命令は駆動信号の特性に相当する情報を含み、複数の弦に共通して設けられ、同時にいずれか一つの打弦の特性を検出する打弦特性検出手段と、

前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記駆動信号の特性とを対応付けて第 2 の関係情報を生成し、該第 2 の関係情報を出力する駆動信号-打弦特性対応手段とを具備することを特徴とする駆動信号-打弦特性対応装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の駆動信号-打弦特性対応装置を備え、

前記駆動信号-打弦特性対応装置から出力された第 2 の関係情報を記憶する対応関係記憶手段と、

前記命令と前記第 2 の関係情報とに基づいた特性の信号を駆動信号として前記駆動手段へ供給する自動演奏制御手段を具備することを特徴とする鍵盤楽器。

【請求項 6】 前記自動演奏制御手段は各鍵を順次駆動するための関係測定用演奏情報にしたがった駆動信号を

前記駆動手段へ供給することを特徴とする請求項 5 記載の鍵盤楽器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、打鍵タイミングや打鍵速度等の打鍵特性と打弦タイミングや打弦速度等の打弦特性との対応関係を求める打鍵-打弦特性対応装置、この対応関係を利用して演奏情報を作成する鍵盤楽器、自動演奏鍵盤楽器において駆動信号の出力タイミングや値等の駆動信号特性と打弦特性との対応関係を求める駆動信号-打弦特性対応装置、および、この対応関係を利用して自動演奏を行う鍵盤楽器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、キーセンサの出力に基づいて、ハンマーの打弦速度/打弦タイミングを推定し、これらの打弦特性に基づいて演奏情報を生成する鍵盤楽器が知られている。例えば、特願平 1-83806 号の願書に添付した明細書および図面には、キーセンサの出力とハンマーの打弦速度とを対応付けたテーブルを有し、このテーブルを参照してキーセンサの出力に対応する打弦速度および打弦タイミングを推定する方法が開示されている。

【0003】また、記録された演奏情報を入力し当該演奏情報にしたがって自動演奏する自動演奏ピアノにおいては、ピアノの個体差(ソレノイドやアクション機構等の特性差)や経年変化により、同一の演奏情報に対応した同一の駆動信号でソレノイドを駆動したとしても、得られる鍵速度が一致しないことがあった。そこで、特開昭 59-114593 号公報に開示されたソレノイド駆動方法においては、ソレノイドを所定の駆動信号値で駆動した時の鍵速度を求めることにより、演奏情報から定まる理想的な鍵速度と当該鍵速度を得るために必要なソレノイドの駆動信号値とをテーブル化し、このテーブルを参照して、入力された演奏情報に対応するソレノイドの駆動信号値を求め、これに従って駆動信号を発生して、鍵速度のばらつきを抑制している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、あるピアノで記録した演奏情報を他の自動演奏ピアノに入力し、記録時と同一の演奏を再現させる場合、上述した 2 つの方法にはそれぞれ欠点がある。前者においては、キーセンサの出力とハンマーの打弦速度とを対応付けたテーブルは標準的なピアノを想定して予め設定されたテーブルであるので、ピアノの個体差や経年変化、温度や湿度等の環境変化等により、テーブルの内容が実際のピアノの特性からズレる虞がある。しかも、そのズレは、個々のピアノにおいて異なるので、元の演奏と他のピアノでの再生演奏とでは、打弦速度/打弦タイミングが異なってしまう。

【0005】もちろん、鍵数と同数(88 個)のハンマ

ーセンサを設け、キーセンサ出力とハンマーセンサ出力とを対応付けたテーブルを随時更新するようにすれば、上述の欠点は解消されるが、構成が大幅に複雑かつ高価になるという問題がある。特に、テーブルを更新するための装置をピアノに後付けする場合には、ピアノの機種／メーカー毎に異なるハンマーの間隔に合わせて各ハンマーセンサのピッチを調整する必要があることから、非現実的と言わざるを得ない。

【0006】一方、後者においては、同一の演奏情報（ソレノイドの駆動信号）に対して同一の鍵速度が得られるものの、同一の演奏情報に対する打弦速度のばらつきについては全く考慮されていない。前述したように、キーセンサ出力（鍵速度）が同一であっても、ピアノの個体差や経年変化、環境変化等により、打弦速度が一致しない虞があり、個々のピアノにおける駆動信号の値と打弦速度との関係を考慮しないと、正確な音量での発音を常に行うことができない。しかしながら、後者においてはそのような配慮はなく、よって、元の演奏と他のピアノでの再生演奏とでは、打弦速度が異なってしまう。なお、駆動信号の出力タイミングに応じた打弦タイミングの補正については全く考慮されていない。

【0007】結局、従来、個々のピアノにおいて、打鍵特性と打弦特性との対応関係、および駆動信号特性と打弦特性との対応関係は正確に求められておらず、よって、演奏に忠実な演奏情報の作成や演奏情報の忠実な再生は実現されていなかった。すなわち、演奏情報を使用して元の演奏を忠実に再現することはできなかった。

【0008】この発明はこのような背景の下になされたもので、その第1の目的は、簡素な構成で打鍵特性と打弦特性との対応関係を正確に求めることができる打鍵ー打弦特性対応装置を提供することにある。また、この発明の第2の目的は、上記打鍵ー打弦特性対応装置で求められた対応関係を利用して、正確な打弦特性に基づいて演奏情報を作成・出力することができる鍵盤楽器を提供することにある。さらに、この発明の第3の目的は、簡素な構成で駆動信号特性と打弦特性との対応関係を正確に求めることができる駆動信号ー打弦特性対応装置を提供することにある。また、この発明の第4の目的は、上記駆動信号ー打弦特性対応装置で求められた対応関係を利用して、演奏情報を元の演奏に忠実に再生することができる鍵盤楽器を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、請求項1記載の打鍵ー打弦特性対応装置は、複数の弦を有する鍵盤楽器の打鍵特性と打弦特性との対応関係を求める打鍵ー打弦特性対応装置であって、各鍵に設けられ、対応する鍵の打鍵特性を互いに独立して検出する打鍵特性検出手段と、複数の弦に共通して設けられ、同時にいずれか一つの打弦の特性を検出する打弦特性検出手段と、前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記

打弦特性検出手段の検出結果とを対応付けて第1の関係情報を生成し、該第1の関係情報を出力する打鍵ー打弦特性対応手段とを具備することを特徴としている。

【0010】請求項2記載の鍵盤楽器は、請求項1記載の打鍵ー打弦特性対応装置を備え、前記打鍵ー打弦特性対応装置から出力された前記第1の関係情報を記憶する対応関係記憶手段と、前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記第1の関係情報とに基づいて打弦特性を推定する打弦特性推定手段と、前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記打弦特性推定手段で推定された打弦特性とに基づいて演奏情報を作成し出力する演奏情報作成手段とを具備することを特徴としている。

【0011】請求項3記載の鍵盤楽器は、請求項2記載のものにおいて、入力信号の値に応じた速度で各鍵を独立して駆動する駆動手段と、各鍵を順次駆動するための関係測定用演奏情報にしたがった駆動信号を前記駆動手段に供給して自動演奏を行う自動演奏制御手段とを具備することを特徴としている。

【0012】また、請求項4記載の駆動信号ー打弦特性対応装置は、複数の弦を有し一連の命令群からなる演奏情報に応じた駆動信号を各鍵の駆動手段に供給して自動演奏を行う鍵盤楽器において駆動信号と打弦特性との対応関係を求める駆動信号ー打弦特性対応装置であって、前記演奏情報中の発音に関する命令は駆動信号の特性に相当する情報を含み、複数の弦に共通して設けられ、同時にいずれか一つの打弦の特性を検出する打弦特性検出手段と、前記打鍵特性検出手段の検出結果と前記駆動信号の特性とを対応付けて第2の関係情報を生成し、該第2の関係情報を出力する駆動信号ー打弦特性対応手段とを具備することを特徴としている。

【0013】請求項5記載の鍵盤楽器は、請求項4記載の駆動信号ー打弦特性対応装置を備え、前記駆動信号ー打弦特性対応装置から出力された第2の関係情報を記憶する対応関係記憶手段と、前記命令と前記第2の関係情報とに基づいた特性の信号を駆動信号として前記駆動手段へ供給する自動演奏制御手段を具備することを特徴としている。請求項6記載の鍵盤楽器は、請求項5記載のものにおいて、前記自動演奏制御手段は各鍵を順次駆動するための関係測定用演奏情報にしたがった駆動信号を前記駆動手段へ供給することを特徴としている。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。

A：実施形態の機能構成

図1は、本発明の一実施形態による鍵盤楽器の要部の機能構成を示すブロック図であり、この図に示されるように、本実施形態では鍵盤楽器として自動演奏ピアノを例示する。

【0015】図1に示される自動演奏ピアノにおいて、1はハンマーの打弦特性（打弦タイミングおよび打弦速

度)を検出する打弦特性検出手段、2は打鍵特性(打鍵タイミングおよび打鍵速度)を検出する打鍵検出手段、3は打鍵-打弦特性対応手段であり、打鍵特性検出手段2で検出された打鍵特性と打弦特性検出手段1で検出された打弦特性との対応関係を表す第1の関係情報を生成する。

【0016】4は打鍵-打弦特性対応手段3で生成された第1の関係情報を記憶する対応関係記憶手段、5は打鍵特性検出手段2で検出された打鍵特性と対応関係記憶手段4に記憶された第1の関係情報とに基づいて打弦特性を推定する打弦特性推定手段、6は演奏情報作成手段であり、打鍵特性検出手段2で検出された打鍵特性と打弦特性推定手段5で推定された打弦特性とに基づいて楽譜に相当する演奏情報を作成する。

【0017】7は演奏情報作成手段6で作成された演奏情報を記憶する記憶手段、8は演奏情報記憶手段7から演奏情報を読み出し当該演奏情報にしたがった指示を出力する自動演奏制御手段、9は自動演奏制御手段8からの指示に応じて各鍵を駆動する駆動手段である。また、打鍵-打弦特性対応手段3は所定の演奏情報(関係測定用演奏情報)を有しこれを自動演奏制御手段8へ供給する。自動演奏制御手段8は打鍵-打弦特性対応手段3から関係測定用演奏情報が供給されると、当該関係測定用演奏情報に基づいた指示を駆動手段9へ供給するとともに、当該指示に応じた情報(以後、「駆動信号情報」という)を出力する。

【0018】10は駆動信号-打弦特性対応手段であり、打弦特性検出手段1で検出された打弦特性と自動演奏制御手段8から出力された駆動信号情報(駆動信号特性)との対応関係を表す第2の関係情報を生成し、対応関係記憶手段4に記憶させる。なお、自動演奏制御手段8は、演奏情報記憶手段7から演奏情報を、対応関係記憶手段4から第2の関係情報を読み出し、この演奏情報および第2の関係情報に基づいた指示を駆動手段9へ供給する。

【0019】B：実施形態の動作の概略

上述した機能構成の自動演奏ピアノは、通常演奏モード、対応関係測定モード、演奏記録モード、および自動演奏モードを備えており、使用者の操作に応じていずれかのモードに移移する。ここで、各モードにおける動作の概略について説明する。

【0020】B-1：通常演奏モード

通常演奏モードは通常のピアノとして機能するモードであり、このモードにおいて打鍵が行われても、上述した機能要素1~9は作動しない。すなわち、通常のピアノと同様に、打鍵に対応した打弦および発音のみが行われる。

【0021】B-2：対応関係測定モード

対応関係測定モードは、本自動演奏ピアノにおける第1の関係情報および第2の関係情報を求めるモードであ

る。このモードにおいては、打鍵-打弦特性対応手段3から自動演奏制御手段8へ関係測定用演奏情報が供給され、これにより、当該関係測定用演奏情報にしたがった自動演奏が行われる。この自動演奏において、打鍵特性検出手段2および打弦特性検出手段1は各打鍵特性および各打弦特性を順に検出する。

【0022】打鍵-打弦特性対応手段3においては、打鍵特性検出手段2および打弦特性検出手段1で検出された各打鍵特性および各打弦特性に基づいて第1の関係情報が生成され、生成された第1の関係情報は対応関係記憶手段4に記憶される。一方、駆動信号-打弦特性対応手段10においては、打弦特性検出手段1で検出された各打弦特性と、自動演奏制御手段8から出力された駆動信号情報とに基づいて第2の関係情報が生成され、生成された第2の関係情報は対応関係記憶手段4に記憶される。

【0023】B-3：演奏記録モード

演奏記録モードは、手動の演奏に応じた演奏情報を記録するモードであり、このモードにおいては、打鍵特性検出手段2が打鍵特性を順に検出する。次に、打弦特性推定手段5は打鍵特性検出手段2で検出された打鍵特性と対応関係記憶手段4に記憶された第1の関係情報とに基づいて打弦特性を推定する。演奏情報作成手段6には、打鍵特性と推定された打弦特性とが供給され、これらに基づいて演奏情報が作成される。作成された演奏情報は演奏情報記憶手段7に記憶される。

【0024】B-4：自動演奏モード

自動演奏モードは、演奏情報記憶手段7に記憶された演奏情報にしたがって自動演奏を行うモードであり、使用者から所定の指示が与えられると、自動演奏制御手段8が演奏情報記憶手段7から演奏情報を、対応関係記憶手段4から第2の関係情報を読み出し、演奏情報を第2の関係情報で補正して得られる指示を駆動手段9へ供給する。これにより、駆動手段9が、供給された指示に応じて各鍵を駆動し、自動演奏が行われる。

【0025】C：実施形態の物理的装置構成

C-1：要部の構成

図2は上述した自動演奏ピアノの物理的な装置構成の一例を示すブロック図であり、図1の各部に対応した要部のみを示している。図2において、11は各部を制御するCPU(中央処理装置)、12はCPU11の動作プログラムや関係測定用演奏情報等を記憶したROM、13はCPU11に読み書きされるRAM、14は関係情報を記憶するEEPROM、15はフロッピーディスクドライブや光磁気ディスクドライブ、CD-ROMリーダー・ライター、RAMカートリッジ等の外部記憶装置である。

【0026】16はソレノイド駆動回路、17はソレノイド駆動回路16に駆動されるソレノイドであり、各鍵毎に設けられている。18はLEDドライバ、19はL

EDドライバ18に駆動されるハンマー用LED、20は光ファイバ等から構成された発光側センサヘッドであり、ハンマー用LED19からの入射光をできるだけ平行光線にして出射する。なお、ここでは、光源としてLEDを用いているが、これに限定されるものではなく、レーザ、赤外線等の光源であればよい。21は発光側センサヘッド20に対向して配置された受光側センサヘッドであり、所定径（例えば10mm）の入射光を集光する。22は受光側センサヘッド21の出射光を受光し、受光光強度に応じた電流をA/D変換器23へ供給するハンマー用フォトダイオード（以後、「ハンマー用PD」という）、23はハンマー用PD22から供給される電流に応じたデジタル値を出力するA/D変換器である。

【0027】また、24は押鍵状態を求めるキー走査回路、25は各鍵毎に設けられた位置センサであり、対応する鍵の押下位置に応じた信号をキー走査回路24へ供給する。各構成要素11~16、18、23、24は直接、あるいは図示せぬインタフェースを介して共通バスに接続されており、それぞれ共通バスを介してデータの送受を行う。

【0028】なお、図1中の打鍵-打弦特性対応手段3、打弦特性推定手段5、演奏情報作成手段6、演奏情報記憶手段7、自動演奏制御手段8、および駆動信号-打弦特性対応手段10は図2中のCPU11、ROM12、およびRAM13によって実現され、打弦特性検出手段1はLEDドライバ18、ハンマー用LED19、発光側センサヘッド20、受光側センサヘッド21、ハンマー用PD22、およびA/D変換器23、打鍵特性検出手段2はキー走査回路24および位置センサ25、対応関係記憶手段4はEEPROM14、駆動手段9はソレノイド駆動回路16およびソレノイド17によって実現されている。なお、演奏情報記憶手段7は、外部記憶装置15によっても実現される。

【0029】C-2：各種検出手段

ここで、打鍵状況および打弦状況を検出する手段について説明する。

①まず、打弦状況を検出する検出手段について説明する。図3は発光側センサヘッド20や受光側センサヘッド21等の配置位置を示す図であり、演奏時には図中手前に使用者が位置することになる。なお、この図から明らかなように、本実施形態の自動演奏ピアノはグランドピアノであるものとする。ただし、これは一例であり、本発明をアップライトピアノに適用してもよい。

【0030】この図に示すように、自動演奏ピアノの下面には棚板31、側面には腕木32、両者の接触部の内側には拍子木33が設けられている。拍子木33間には、88個の鍵K1~K88が配列されており、各鍵K1~K88の奥側上方には、各鍵に対応して作動するハンマーH1~H88が設けられている。各ハンマーH1

~H88間の間隔は任意であり、対応する弦S1~S88に対向し、かつ各々の揺動面が平行となるように配列されていけばよい。

【0031】発光側センサヘッド20および受光側センサヘッド21は、腕木32の内側に互いに対向するよう取り付けられ、両者間の発光側センサヘッド20側の位置にはレンズ系34が配置されている。レンズ系34は、発光側センサヘッド20から受光側センサヘッド21への光を所定径（例えば、φ10mm~φ2mm）の平行光にするために設けられているものであり、レンズ系34、発光側センサヘッド20、および受光側センサヘッド21の取り付け位置は、発光側センサヘッド20から出射されレンズ系34を透過した光の約100%が各弦S1~S88近傍を通過して受光側センサヘッド21に受光されるような位置である。さらに、本実施形態では打弦特性として打弦タイミングおよび打弦速度を検出するので、上記透過光が各弦S1~S88のハンマー側のすぐ近くを通過するように、かつ各弦S1~S88から光路までの距離が一定となるようにレンズ系34、発光側センサヘッド20、および受光側センサヘッド21を配置する必要がある。

【0032】このように配置することで、レンズ系34と受光側センサヘッド21の間には、弦S1~S88に沿って直径約10mmから2mmの光束が形成され、ハンマーH1~H88のいずれかが打弦動作を行うと、そのハンマーに遮光された分だけ受光側センサヘッド21の受光光量が増加する。受光側センサヘッド21の受光光量は図2のハンマー用PD22により電流に変換されるので、上記受光光量の変動は図4に示すような電流変動として表される。すなわち、ハンマーのストロークに応じてハンマー用PD22の出力電流は小さくなり、打弦時の出力電流値は0となる。ハンマー用PD22の出力電流はA/D変換器23においてデジタル値に変換されるので、CPU11がA/D変換器23から出力されるデジタル値およびその変動を監視することにより、打弦タイミングおよび打弦速度を検出することができる。

【0033】②次に、打鍵状況を選定する検出手段について説明する。図3に示されるように、鍵盤の下側にはキーセンサ部35が設けられている。キーセンサ部35内には、各鍵K1~K88に対応する位置に88個の位置センサ25が設けられており、各位置センサ25は対応する鍵の下部に設けられたシャッターSTの位置、すなわち当該鍵の押鍵状態に応じた信号を出力する。

【0034】位置センサ25は図示を略すが、フォトインタラプタによって構成されており、2つの測定点を有する。フォトインタラプタの数は任意であり、例えば、シャッターST上に上下方向（鍵のストローク方向）に並んだ孔を設け、フォトインタラプタの測定光がこの孔を通過した時点を選定点とすれば、フォトインタラプタの

数を1とすることもできる。

【0035】各位置センサ25は、キー操作回路24によって走査されており、全ての位置センサ25の出力信号に応じた値がバス出力される。よって、CPU11は、キー走査回路24から出力される値およびその変動を監視することにより、同時に複数の鍵に対する打鍵タイミング（第1の測定点）および打鍵速度（第1の測定点から第2の測定点までの鍵速度）を検出することができる。

【0036】D：実施形態の動作

次に、上述した装置構成の自動演奏ピアノの動作についてモード毎に述べる。

D-1：通常演奏モード

通常演奏モードにおいて、使用者が打鍵を行うと、当該打鍵に応じた打弦が行われ、所望の楽音が発音される。この際、図2に示す構成要素は、いずれも停止あるいは待機状態となっており、何らの処理も行わない。

【0037】D-2：対応関係測定モード

対応関係測定モードにおいては、図2に示された各要素が作動中となる。このモードにおいては、図5に示すように、CPU11はROM12に記憶された関係測定用演奏情報を読み出し、これを解釈し（ステップSA1）、自動演奏を行うための指示を当該関係測定用演奏情報に応じたタイミングでソレノイド駆動回路16へ出力するとともに、当該指示で表される駆動信号の電力値と上記タイミング（駆動信号情報）をRAM13に書き込む（ステップSA2）。なお、本実施形態で用いる演奏情報（関係測定用演奏情報を含む）中の命令の形式は任意であるが、少なくとも鍵の押離鍵を示すキーオン/キーオフ、押離鍵された鍵を示すキーコード、押離鍵されたタイミング（直前の押離鍵からの時間を示すデューレーションデータ）を有し、さらに、発音（＝押鍵）に関する命令は、ベロシティ値に相当する情報を有する必要がある。

【0038】関係測定用演奏情報は、各キーコードにおいて所定のベロシティの発音を行うための演奏情報であり、ここでは、各鍵K1～K88に対応する各キーコードにおいて、“pp”、“mf”、“ff”の各ベロシティ値での発音をそれぞれ5回繰り返す情報となっている。各キーコードにおいて3種類のベロシティ値の発音を行うのは、打鍵タイミング（ここでは測定点L1の時点とする）に対する打弦タイミングの遅れがベロシティ値に応じて異なるためであり、発音を5回繰り返すのはばらつきを吸収するためである。もちろん、ベロシティ値、ベロシティ値の種類、および繰り返し回数は任意に変更可能である。なお、本実施形態においては、打弦特性検出手段1が図3に示すような構成・配置となっているので、同時に複数の鍵が押下されると正確な打弦特性を測定できない。したがって、関係測定用演奏情報中の各発音を指示する命令は、2つ以上のハンマーが同時に

レンズ系34と受光側センサヘッド21との間の光束を遮ることのないように全ての鍵について異なるタイミングで打弦するように記述されている。

【0039】次に、ソレノイド駆動回路16はCPU11からの指示に応じた電力値の駆動信号を、当該指示に応じたソレノイド17へ供給する。ソレノイド駆動回路16から出力される駆動信号の波形は、図6に示されるようなPWM波形（例えば、周期62.5μs）となる。このような信号が供給されると、ソレノイド17が励磁し、対応するブランジャ、ひいては対応する鍵が作動し、関係測定用演奏情報に応じた打鍵動作が行われる。

【0040】当該打鍵動作時の打鍵タイミングおよび打鍵速度は位置センサ25、キー走査回路24を介してCPU11へ供給される。また、打鍵動作に伴って打弦動作が行われると、当該打弦動作の様子（打弦タイミングおよび打弦速度）が測定される（ステップSA3）。具体的には、ハンマーが光束を横切ることによる受光側センサヘッド21の受光光量の変化がハンマー用PD22、A/D変換器23を介してCPU11へ供給され、当該変化に基づいて、CPU11が、打弦タイミングと、上記変化の速度に応じたハンマーの速度（打弦速度）を求める。

【0041】なお、本実施形態では、光束は各弦S1～S88に近接しているため、光束が完全に遮られた時点と打弦時点とすることができる。もちろん、光束と各弦S1～S88との距離を一定とし、光束が完全に遮られた時点と打弦速度とに基づいて打弦時点を求めるようにしてもよい（「打弦時点」＝「光束が完全に遮られた時点」＋「光束と弦との距離」／「打弦速度」）。また、打弦速度は、光束の一部が遮光され始めた時点から光束が完全に遮られた時点までの時間に基づいてハンマーの平均速度を求め、これを打弦速度とすることができる。

【0042】CPU11は、求めた打弦タイミングおよび打弦速度を、キーコード、打鍵タイミング、および打鍵速度に対応付けてRAM13に記憶させるとともに、同打弦タイミングおよび打弦速度を、キーコード、駆動信号の電力値、および駆動信号の出力開始タイミングに対応付けてRAM13に記憶させる（ステップSA4）。以降、CPU11は、上述したステップSA1～SA4の処理を繰り返す。

【0043】上記測定および記憶が完了すると、CPU11は、打鍵タイミングに対する打弦タイミングの遅れ（打鍵－打弦遅延時間）を求め、各キーコードにおける各打鍵速度毎に打鍵－打弦遅延時間を求めるとともに、各キーコードにおける各打弦速度毎に得られた5個の打弦速度から打弦速度の代表値（例えば平均値）を求め、これらをキーコードおよび打鍵速度に対応付けて第1の関係情報を作成する。また、CPU11は、駆動信号の出力開始タイミングに対する打弦タイミングの遅れ（ア



タックディレイ)を求め、各キーコードにおける駆動信号の各電力値毎にアタックディレイを求めるとともに、各キーコードにおける各打弦速度毎に得られた5個の打弦速度から打弦速度の代表値を求め、キーコード毎に、図7(a)および図7(b)に示すような、駆動信号(PWM信号)の電力値に対する打弦速度(Hv)の関係を表すテーブルあるいは関数と、駆動信号の電力値に対するアタックディレイ( $\Delta T$ )との関係を表すテーブルあるいは関数とを求める(ステップSA6)。

【0044】次に、CPU11は、図7(a)および図7(b)に例示された各テーブルあるいは各関数を変形し、第2の関係情報を作成し、第1の関係情報とともに、EEPROM14に記憶させる(ステップSA7)。ここで、図7(a)および図7(b)に基づいて求められる第2の関係情報を図7(c)および図7(d)に示す。このような第2の関係情報を使用すれば、所望の打弦速度(あるいはベロシティ値)が与えられた場合に、適切な駆動信号の電力値と予想されるアタックディレイとを求めることができる。なお、図7(c)および図7(d)において、PWM(60)は“60”で表される打弦速度を得るために必要とされる駆動信号の電力値であり、 $\Delta T$ (60)は“60”で表される打弦速度での打弦時におけるアタックディレイを表している。

#### 【0045】D-3:演奏記録モード

演奏記録モードは、使用者の演奏に応じた演奏情報を外部記憶装置15中の媒体に記録するモードであり、図2中の要素16~23は待機状態または停止状態となっている。なお、演奏記録モードにおいては、同時に複数の鍵を押下するような打鍵を行っても演奏情報が正常に記録される。

【0046】このモードでは、図8に示すように、使用者が鍵を押下すると、当該鍵の押下状態が位置センサ25に検出され、キー走査回路24を介してCPU11へ供給される。CPU11は供給された押下状態に基づいて打鍵タイミングおよび打鍵速度を求める(ステップSB1)。次に、CPU11は、押下された鍵のキーコードおよび求めた打鍵速度に基づきEEPROM14に記憶した第1の関係情報を参照し、求めた打鍵速度から、当該押下された鍵の当該打鍵速度に応じた打弦速度および打鍵-打弦遅延時間を推定する(ステップSB2)。なお、第1の関係情報がテーブル形式であり、かつ、求められた打鍵速度がテーブル中の打鍵速度の中間値であ

一打弦遅延時間を求めるようにする。

【0047】そして、CPU11は、得られた打鍵-打弦遅延時間と打鍵タイミングとに基づいて打弦タイミングを求め、この打弦タイミングと打弦速度とに基づいて演奏情報を作成し、これを外部記憶装置15内に挿入された記録媒体に記録する(ステップSB3)。具体的に

は、直前の押離鍵のタイミングと求めた打弦タイミングとの時間間隔をデュレーションデータとし、このデュレーションデータとキーコード、打弦速度(=ベロシティ)などを組にして、記録媒体に記録する。なお、この記録処理は、RAM13を経由して行うようにしてもよい。上述した処理は打鍵毎に独立して行われ、最終的には、一連の演奏情報が記録媒体に記録される。なお、離鍵時には、上述したステップSB1およびSB2の処理は行われず、ステップSB3のデュレーションデータの算出および記録媒体への記録のみが行われる。

#### 【0048】D-4:自動演奏モード

自動演奏モードでは、図2の要素18~25は待機状態あるいは停止状態になっている。このモードでは、図9に示すように、CPU11は外部記憶装置15に挿入された記録媒体から演奏情報を順次読み出し(ステップSC1)、各命令を解釈し(ステップSC3)、発音を伴う命令である場合には、当該命令のベロシティ値に相当する打弦速度を得るために必要な駆動信号の電力値と、同打弦速度での打弦を行う場合のアタックディレイとをEEPROM14に記憶された第2の関係情報に基づいて推定し(ステップSC4、SC5)、当該打弦速度での打弦を正しいタイミングで実現できるようにベロシティ値および直前の命令から当該命令までの時間間隔を示すデュレーションデータを変更し、RAM13に書き込む(ステップSC6)。なお、発音を伴う命令でない場合には、変更を加えずにRAM13に書き込む。

【0049】演奏情報の全ての命令について上述の処理を行ったCPU11は、RAM13から変更後の演奏情報を読み出し、各命令を順次解釈して、自動演奏のための指示を出す(ステップSC7)。この指示はアタックディレイを考慮したタイミングで出され、かつ駆動信号の電力値は所望の打弦速度を得るための電力値となっているので、演奏情報に忠実にしがつた発音(演奏)が行われる。すなわち、演奏情報および第2の関係情報に基づいて、演奏情報で表される演奏が正確に再現される。

【0050】ここで、打弦タイミングについて、図10を参照して説明する。図10は本実施形態における各種タイミングおよび駆動信号の電力値と、発音・止音タイミングとを対応付けて示す図であり、(a)は演奏記録時のキーオン/キーオフイベントのタイミング、(b)は発音/止音のタイミング、(c)は自動演奏時のソレノイドに供給される駆動信号の電力値を示している。

タイミングT2において発音を指示するものであるが、打鍵されるとハンマーが自由回転運動をして打弦して発音するというピアノの構造に起因して、打鍵が開始されてから(=駆動信号の発生が開始されてから)実際に発音されるまでには時間がかかる(=駆動信号が発生されてから実際に発音されるまでの時間をアタックディレイ

という)ので、タイミングT2において駆動信号の発生を開始しても、実際に発音されるのはタイミングT2よりも後になってしまう。

【0052】そこで、本実施形態においては、タイミングT2よりも前に駆動信号の発生を開始するようにしてタイミングT2において発音が為されるようにする。具体的には、デューレーションデータ(=直前のイベントのタイミングT0からオンイベントのタイミングT2までの時間)を、アタックディレイの時間(タイミングT1からタイミングT2までの時間)だけ減少させる。これにより、図9のステップSC7において自動演奏する際には、タイミングT1において駆動信号の発生が開始されるようになるので、タイミングT2において実際の発音が為されるようになる。

【0053】なお、アタックディレイの時間は、発音命令に含まれるベロシティ値および各鍵毎に異なるので、上述したデューレーションデータの変更は、ベロシティ値およびキーコードに基づき図7(d)のテーブルを参照することにより行われる。また、駆動信号は、アタック、スティルの区間に区分されており、各区分では電力値が異なっている。アタック区分における駆動信号は、発音命令に含まれるベロシティ値に応じて変化する。一方、スティル区分の駆動信号は、打鍵状態に保つためのものであって、一定値である。スティル区分が終了して駆動信号の発生が終了すると、鍵が初期状態に戻り止音される。

【0054】図10(a)~(c)から明らかなように、正確なアタックディレイが得られれば、理想的なタイミングでの発音/止音を行うことができる。前述したように、本実施形態では、ベロシティ値およびキーコードに基づいてアタックディレイを正確に推定することができるので、正確な打弦タイミング(発音タイミング)での発音が実現される。

【0055】E:まとめ

以上説明したように、本発明の実施形態によれば、適用したピアノの打弦タイミングおよび打弦速度を実際に測定し、これらをキーコードおよび打鍵速度と対応付けて関係情報を求め、この関係情報に基づいて打弦タイミングおよび打弦速度を求めるようにし、さらに、これらの打弦タイミングおよび打弦速度に基づいて当該ピアノの特性を除外して演奏情報を作成するようにしたので、正確な、換言すればピアノの特性に依存しない演奏情報を作成することができる。

【0056】また、自動演奏の際には、上記関係情報に基づいて、演奏情報で指示される発音タイミングおよびベロシティを実現するために必要な補正を行うようにしたので、特性の違う他のピアノで作成された演奏情報で表される演奏を正確に再現することができる。

【0057】さらに、打弦速度および打弦タイミングの測定に必要なセンサは、一対のセンサヘッド20、21

を用いたセンサであり、各ハンマー(弦)毎にセンサを配置する必要がなく、構成を複雑化せずに済むという利点がある。特に、センサを後付けする場合には、各ピアノにおいて異なる可能性が高いハンマー間隔を考慮せずに取り付けることができるので、後付け作業が極めて容易になるとともに、後付け作業を考慮して多種の製品を設計・製造する必要がないという利点がある。

【0058】なお、グランドピアノの鉄製フレームには、光束を遮るような位置にリブが一体形成されていることがある。このような場合には、光束を遮らないように、リブに貫通孔を穿設してもよいし、図11に示されるように、リブの両側面にそれぞれ受光側センサヘッドを設けるとともに、これらと対向する腕木32上の位置に発行側センサヘッドを設ける等して、打弦特性検出手段1を2つ設けるようにしてもよい。

【0059】打鍵特性検出手段2として、鍵速度および打鍵タイミングを検出するセンサを用いる例を挙げたが、例えば、打鍵タイミングのみを検出し、打弦タイミングのみを推定するようにしてもよい。もちろん、測定点は2点以下や以上であってもよい。例えば、打鍵タイミングのみを測定するためには少なくとも一点あればよい。また、図12(a)に示すように、2つのフォトインタラプタで4つの測定点を有するものを使用してもよい。

【0060】図12(a)に示される位置センサは、水平方向に所定距離隔てて配置された2つのフォトインタラプタFC1、FC2によって構成されている。また、キーとともに上下方向に移動するシャッタSTは、フォトインタラプタFC1、FC2の配列方向において、上下方向(鍵のストローク方向)に階段状の凹凸を有している。なお、図12(a)はシャッタSTとフォトインタラプタFC1、FC2との相対的な位置関係を示す図であり、この図においては、シャッタSTを固定して示しているが、実際には、フォトインタラプタFC1、FC2の位置が固定で、これに対してシャッタSTが上下動する。

【0061】この図において、第1測定点L1は鍵が押下され始めて最初にフォトインタラプタFC1が遮光される位置である。さらに押下が進むと、第2測定点L2においてはフォトインタラプタFC1、FC2が、第3測定点L3においてはフォトインタラプタFC2が遮光され、打弦直前の第4測定点L4ではフォトインタラプタFC1、FC2はいずれも遮光されない。

【0062】したがって、鍵の押下が進むにつれて、各フォトインタラプタFC1、FC2の出力値は、図12(b)に示すように、「OFF、ON」、「OFF、OFF」、「ON、OFF」、「ON、ON」と変化する。このように変化する各フォトインタラプタFC1、FC2の出力値に応じた信号を出力することにより、位置センサ25は4つの測定点を測定可能としている。

【0063】このような位置センサをキーセンサとして使用すれば、測定点L1、L2間、測定点L2、L3間、および測定点L3、L4間の押鍵速度に対応した鍵速度を求め、各鍵速度と打鍵タイミングと第1の関係情報とに基づいて打弦タイミングおよび打弦速度を推定することができる。特に、人間が打鍵する場合には、演奏表現上の理由などで押鍵途中で押鍵速度が変化することがあるので、上述したように複数の区間の鍵速度を用いることで、より正確な打弦特性（特に打弦タイミング）を得ることができる。

【0064】また、関係情報の記憶手段としてEEPROM14を使用したか、任意の不揮発性メモリやバッテリーバックアップされたRAM等を用いるようにしてもよい。さらに、打弦特性検出手段1は、LEDとPDとの組み合わせに限らず、レーザや可視光、赤外線光など、任意の光線を利用したものでもよい。また、いわゆるアナログセンサであってもよい。

【0065】さらに、打弦タイミングのみを前述の方法で推定し、打鍵速度およびキーコードに対して打弦速度を固定的に対応させるようにしてもよく、その場合には、使用する光束は細くてもよいし、響板やフレーム等に加速度センサを取り付け、これを用いて打弦タイミングを検出するようにしてもよい。要は打弦タイミングを検出できればよい。

【0066】なお、本実施形態では、自動演奏ピアノに適用した態様を示したが、ピアノにハンマの打弦を阻止するストップを設けるとともに鍵センサと電子音源を設けて押鍵操作に応じて電子音源から発音するようにした消音ピアノや、ピアノに鍵センサを設けて押鍵操作に関する情報を外部に出力するようにしたMIDIピアノ等の他のピアノに適用するようにしてもよい。ただし、自動演奏ピアノ以外のピアノに適用する場合には、自動演奏によって関係情報を作成することはできないので、使用者が直接打鍵して関係情報を作成する必要がある。自動演奏ピアノ以外のピアノにおける関係情報の作成過程は、図5に示す過程と同様であり、異なるのは使用者が直接演奏を行う点である。

【0067】このようなピアノでは、通常演奏モードまたは演奏記録モードにおいて、通常の演奏を行いながら関係情報を作成する手法も考えられる。例えば、使用者により鍵が単独で押下されたことを検出し、その場合には、当該打鍵のタイミングおよび速度に基づいて打弦速度および打弦タイミングを求め、これらに基づいてテーブルを更新するようにしてもよい。このようにすれば、使用者に意識させずにテーブル（第1の関係情報）を作成・更新することができる。

【0068】また、本実施形態では、図9のステップSC3～SC6において、外部記憶装置15に記憶されたデュレーションデータをアタックディレイを考慮して修正し、その後、ステップSC7において、修正された

デュレーションデータに基づいて演奏情報を順次読み出して自動演奏を行うようにしたが、デュレーションデータの変更を行わずに、外部記憶装置15に記憶されたデュレーションデータに基づいて演奏情報を順次読み出して自動演奏を行うことも可能である。この場合には、図10(d)に示すように、イベントタイミングに対して発音/止音タイミングを所定時間（例えば、500ms）だけ遅延させる。ここで、オンイベントが発生した場合には、そのタイミングT2から所定時間遅延されたタイミングT2'に対してアタックディレイの時間だけ先行したタイミングT1'において、駆動信号の発生を開始するようにし、図10(e)に示すように駆動信号を発生するようにする。これにより、各イベントのタイミングは所定時間だけ遅延されるものの、各イベント間の時間間隔は変化しないため、違和感のない自動演奏を行うことができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、鍵盤楽器において、各鍵の打鍵特性を独立して検出する手段の他に、同時に一つの打弦特性（打鍵タイミングや打弦速度など）を検出する手段を各弦に共通して設け、打鍵特性と打弦特性との対応関係を表す第1の関係情報を作成・出力するようにしたので、弦毎に打弦特性検出手段を設ける必要がなく、簡素な構成で正確な関係情報を作成・出力することができる。加えて、作成した第1の関係情報と打鍵特性検出手段の検出結果とに基づいて打弦特性を推定し、推定した打弦特性と当該検出結果とに基づいて演奏情報を作成するようにすれば、正確な打弦特性に基づいて演奏情報を作成することができる。

【0070】また、この発明によれば、自動演奏を行う鍵盤楽器において、同時に一つの打弦特性を検出する手段を各弦に共通して設け、各鍵の駆動手段へ供給する駆動信号の特性（駆動信号の値や駆動信号の出力タイミングなど）とこの駆動信号に対応した打鍵特性との対応関係を表す第2の関係情報を作成・出力するようにしたので、弦毎に打弦特性検出手段を設ける必要がなく、簡素な構成で正確な関係情報を作成・出力することができる。加えて、作成した第2の関係情報と演奏情報とに基づいて駆動信号の特性を求めるようにすれば、再現性に優れた演奏を実現することができる。したがって、演奏情報を使用して元の演奏を忠実に再現することができる。

【0071】さらに、自動演奏を行う鍵盤楽器において、各鍵を順次駆動するための関係測定用演奏情報に基づいた自動演奏を行い、この際に、打鍵特性と打弦特性との対応関係、あるいは駆動信号の特性と打弦特性との対応関係を得るようにすれば、第1の関係情報または第2の関係情報を自動的に作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による鍵盤楽器（自動演奏ピアノ）の要部の機能構成を示すブロック図である。

【図2】 同自動演奏ピアノの物理的な装置構成の一例を示すブロック図である。

【図3】 同自動演奏ピアノの発光側センサヘッド20や受光側センサヘッド21等の配置位置を示す図である。

【図4】 ハンマーの移動に伴う同受光側センサヘッド21の受光量の変動を示す図である。

【図5】 本発明の一実施形態による自動演奏ピアノの対応関係測定モードにおける動作を示すフローチャートである。

【図6】 同自動演奏ピアノのソレノイド駆動回路16から出力される駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図7】 (a)～(d)は同自動演奏ピアノにおける第2の関係情報の取得過程を説明するための図である。

【図8】 同自動演奏ピアノの演奏記録モードにおける＊

＊動作を示すフローチャートである。

【図9】 同自動演奏ピアノの自動演奏モードにおける動作を示すフローチャートである。

【図10】 (a)～(e)は同自動演奏ピアノの自動演奏時における各種タイミングおよび値を示す図である。

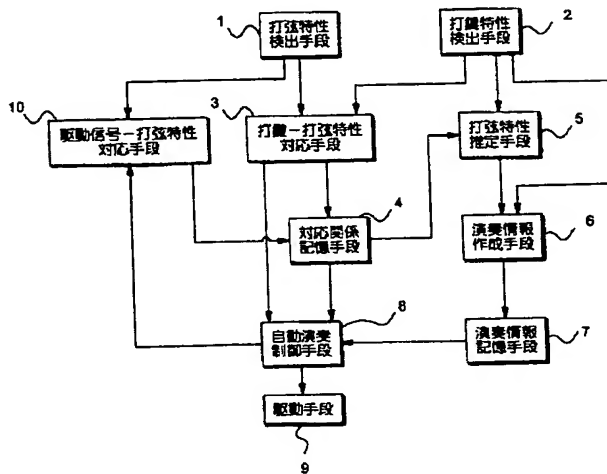
【図11】 同自動演奏ピアノの打弦特性検出手段1の他の態様を示す図である。

【図12】 (a), (b)は打鍵特性検出手段2の他の態様を示す図である。

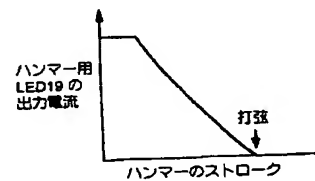
【符号の説明】

1…打弦特性検出手段、2…打鍵特性検出手段、3…打鍵—打弦特性対応手段、4…対応関係記憶手段、5…打弦特性推定手段、6…演奏情報作成手段、7…演奏情報記憶手段、8…自動演奏制御手段、9…駆動手段、10…駆動信号—打弦特性対応手段。

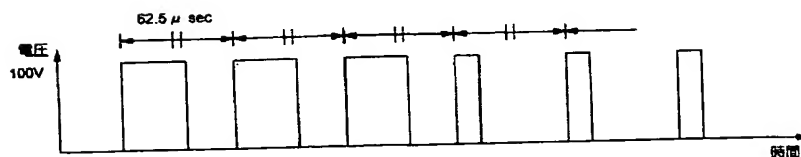
【図1】



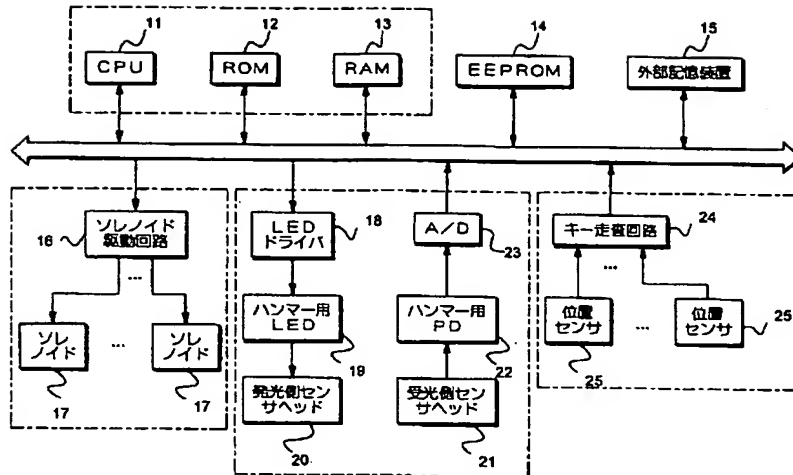
【図4】



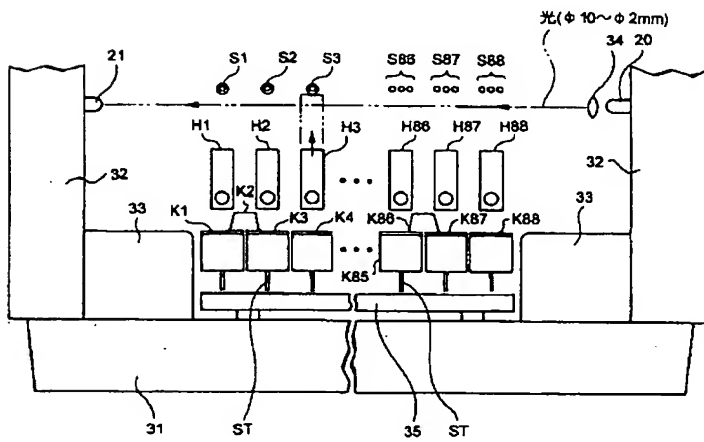
【図6】



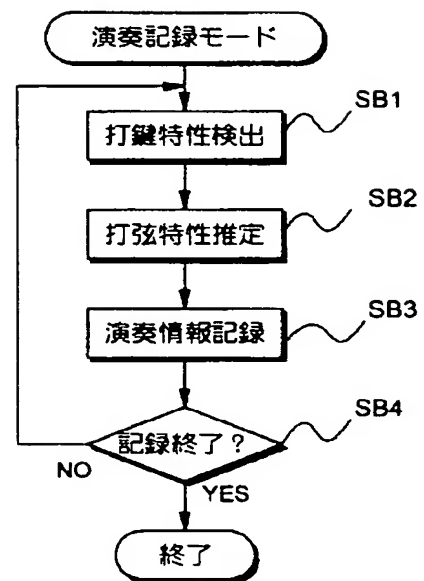
【図2】



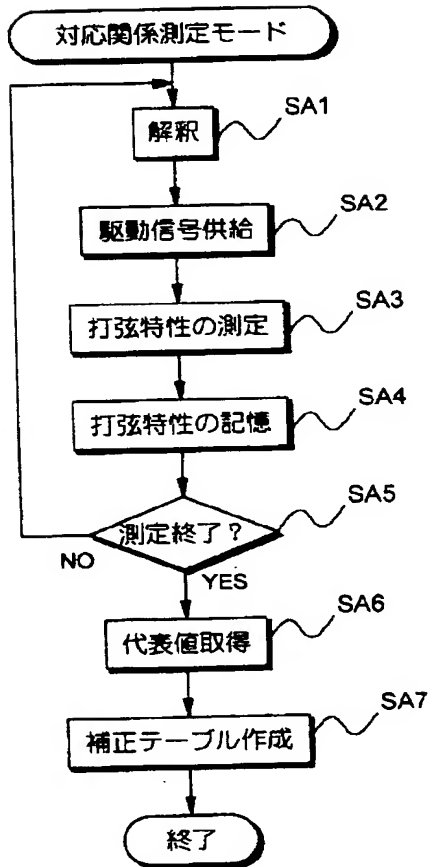
【図3】



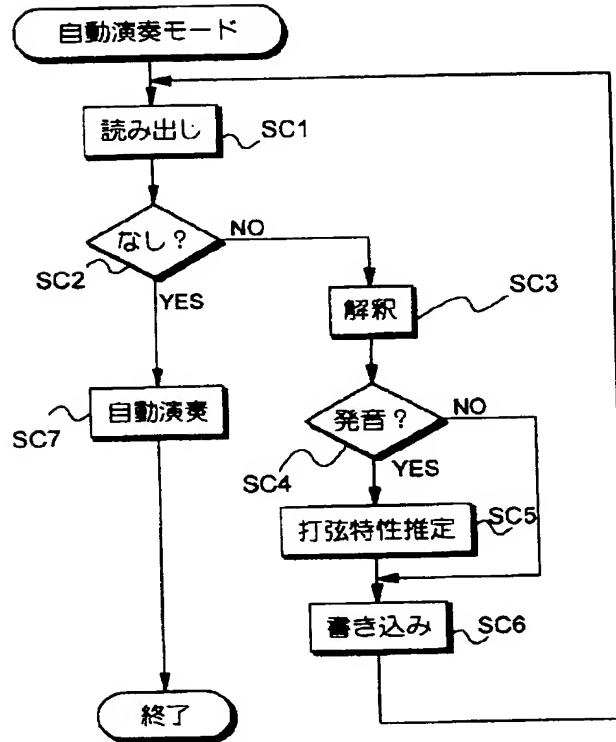
【図8】



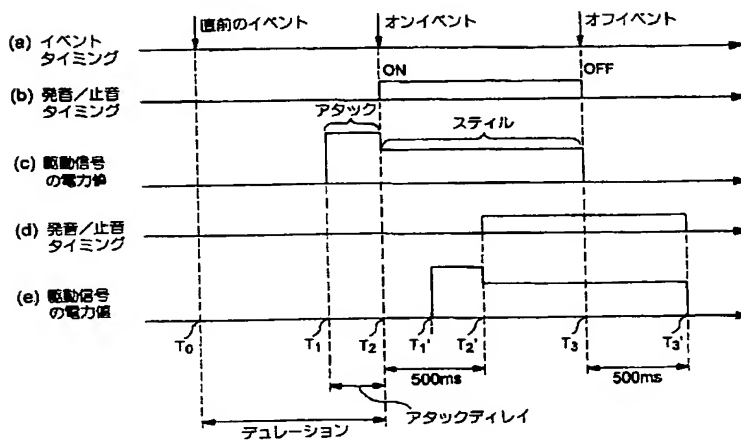
【図5】



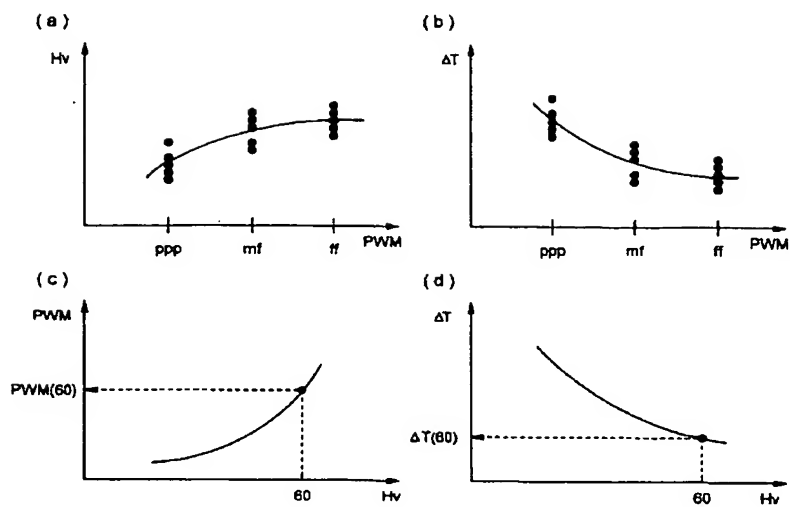
【図9】



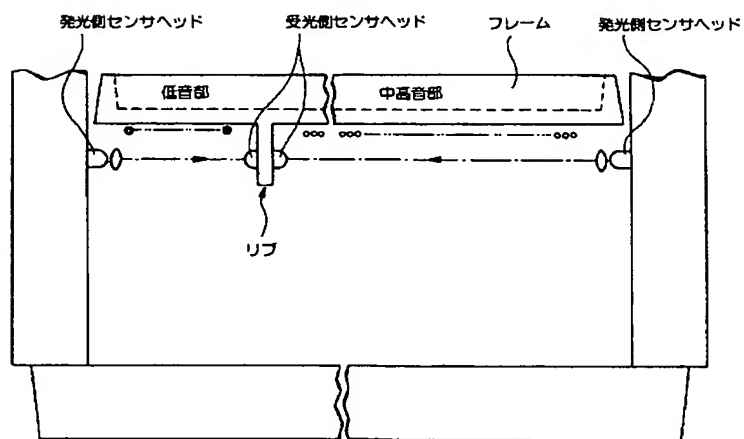
【図10】



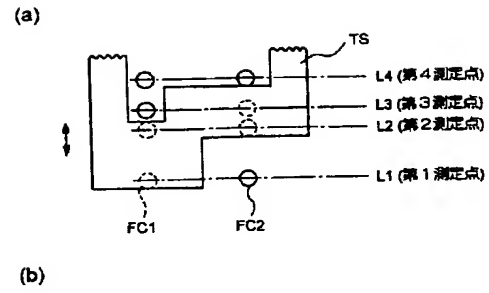
【図7】



【図11】



【図12】



測定点	FC1	FC2
L4	ON	ON
L3	ON	OFF
L2	OFF	OFF
L1	OFF	ON